



UNIVERSIDADE FEDERAL
DE SÃO PAULO
CAMPUS DIADEMA



Pedro Henrique Rocha dos Santos

Estratégias não agressivas entre vizinhos: Relações intra e interespecíficas do cupim *Anoplotermes pacificus* e formigas inquilinas

DIADEMA
2021

Pedro Henrique Rocha dos Santos

Estratégias não agressivas entre vizinhos: Relações intra e interespecíficas do cupim *Anoplotermes pacificus* e formigas inquilinas

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como exigência parcial para
obtenção do grau de Bacharel em Ciências
Biológicas, ao Instituto de Ciências
Ambientais, Químicas e Farmacêuticas da
Universidade Federal de São Paulo –
Campus Diadema. Orientadora: Prof.^a. Dr^a.
Fabiana E. Casarin dos Santos

DIADEMA

2021

Dados Internacionais da Catalogação na Publicação (CIP)

Santos, Pedro Henrique Rocha dos Santos

Estratégias não agressivas entre vizinhos: Relações intra e interespecíficas do cupim *Anoplotermes pacificus* e formigas inquilinas / Pedro Henrique Rocha dos Santos Santos. – – Diadema, 2021.

28 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de São Paulo - Campus Diadema, 2021.

Orientador: Fabiana Elaine Casarin dos Santos

1. *Anoplotermes pacificus*. 2. umidade. 3. dispersão espacial. 4. distribuição. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca do Instituto de Ciências Ambientais, Químicas e Farmacêuticas, Campus Diadema da Universidade Federal de São Paulo, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

PEDRO HENRIQUE ROCHA DOS SANTOS

Estratégias não agressivas entre vizinhos: Relações intra e interespecíficas do cupim *Anoplotermes pacificus* e formigas inquilinas

Monografia apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel do curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal de São Paulo – UNIFESP.

Aprovado em: 25/02/2021

Banca Examinadora:

Fabiana EC dos Santos

Prof.^a. Dr.^a. Fabiana Elaine Casarin dos Santos

T. Püttker

Prof. Dr. Thomas Püttker

Alexia Satie Augusto

Bela. Alexia Satie Augusto

AGRADECIMENTO

Primeiramente eu gostaria de agradecer à minha mãe, Ana Lucia que sempre me apoiou durante esta jornada que é a graduação dando sempre o máximo de suporte necessário para que me formasse no curso que almejei desde criança. Gostaria de agradecer ao meu irmão João Victor pelo companheirismo e parceria além da imensa ajuda que me deu durante os campos na Serra do Japi. Esse trabalho, em especial representa uma dedicatória ao meu finado pai, Claudio Aparecido que em todo momento que esteve presente durante a graduação nunca me deixou desanimar, ou desistir e foi a inspiração para eu me tornar a pessoa que me tornei.

Gostaria de agradecer também meus companheiros da república Mansão, Pedro Henrique (Chinchila), Caio Henrique, Rafael Uchidomari, Michelino, Carlos Kataoka, Rafael Luiz, Patrick Carlos, Alexander Cesar, Rodrigo Sacay, Giovanni di Paoli, Murilo Takeshi, Roberto Rodrigues e Marcos Miguel, que foram extremamente companheiros, tornando-se irmãos de outros pais e assim os levarei pelo resto de minha vida.

Aos meus amigos de ciclo básico, Eduardo Osti, Marcos Vinicius Viola, Victoria Sauwen, Débora Demez, Larissa Silva e Eduarda Lorencini onde conheci pessoas que por mais que não fossem continuar comigo na sala de aula no resto da graduação tornaram-se amigos que pude contar nos melhores momentos que vivi na UNIFESP, acredito que durante este período, muitas trocas de vivencias e pontos de vista diferentes com eles me fizeram enxergar alguns assuntos com outros olhos.

Aos todos os professores que já tive em todas as etapas da vida e a oportunidade que tive de aprender com eles. Em especial à professora Dra. Fabiana Casarin, minha orientadora, pela paciência, pelo carinho e pela atenção, pelas ajudas que me deu em todos os momentos de dificuldades que passei durante a graduação e também durante a execução deste trabalho. Obrigado por todos os ensinamentos, saiba te admiro muito.

Por fim, mas não menos importantes aos meus amigos de infância que me viram crescendo dizer que me tornaria um biólogo e sempre me apoiaram, Arthur

Fornari, Fernando Galindo, André Torralbo, Wolney Domiciano e Rafael Martinez, obrigado por sempre acreditar.

RESUMO

Em cupins, a distribuição das espécies está intimamente relacionada às condições bióticas e abióticas locais. Sombra, umidade, altitude, disponibilidade de alimentos adequados, locais de nidificação e interações intra e interespecíficas são fatores que podem ser limitantes na distribuição espacial. Durante o período de revoada, os cupins alados (adultos) formam pares e estes buscam local adequado para nidificação e assim formam uma nova colônia. Em regiões de Mata Atlântica, *Anoplotermes pacificus* é uma das únicas espécies de cupins constrói ninhos e estes estão sempre próximos a córregos de água ou riachos, onde há maior umidade. Entender sobre sua distribuição espacial irá auxiliar no entendimento da sua história natural assim como suas relações ecológicas, em uma espécie tão pouco estudada. Portanto, o presente trabalho teve como objetivo investigar a distribuição espacial de *A. pacificus* bem como sua dependência de umidade, visto que durante os campos foi observado uma maior presença de ninhos perto de regiões que continham um curso d'água. Os resultados acerca da relação dos ninhos ao curso d'água demonstraram possível relação de dependência, uma vez que a quantidade de ninhos encontrada diminuía à medida que nos afastávamos do curso d'água. É interessante ressaltar que os dados gerados podem ser utilizados em diversos níveis de interações ecológicas e talvez como possíveis indicadores biológicos.

Palavras-chave: *Anoplotermes pacificus*, umidade, distribuição espacial

ABSTRACT

In termites, the distribution of species is closely related to local biotic and abiotic conditions. Shade, humidity, altitude, availability of adequate food, nesting sites and intra and interspecific interactions are factors that can be limiting in the spatial distribution. During the flight period, winged termites (adults) form pairs and they seek a suitable nesting place and thus form a new colony. In Atlantic Forest regions, *Anoplotermes pacificus* is one of the only species of termites that build nests and these are always close to water streams or streams, where there is greater humidity. Understanding about its spatial distribution will assist in the understanding of its natural history as well as its ecological relations, in a species so little studied. Therefore, the present work aimed to investigate the spatial distribution of *A. pacificus* as well as its dependence on humidity, since during the fields a greater presence of nests was observed near regions that contained a watercourse. The results about the relationship between the nests and the watercourse demonstrated a possible dependency relationship, since the number of nests found decreased as we moved away from the watercourse. It is interesting to note that the data generated can be used at different levels of ecological interactions and perhaps as possible biological indicators.

Keywords: *Anoplotermes pacificus*, humidity, spatial distribution

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1. Localização de área de estudo dentro do município de Jundiaí-SP. Fonte: <https://serradojapi.jundiai.sp.gov.br/institucional/mapas/mapas/> 16
- Figura 2. Mapa das trilhas da REBIO. A trilhas da REBIO dão acesso aos cursos d'água existentes na reserva. A área circulada em azul é a trilha que dá acesso ao curso d'água onde os dados foram obtidos. Cada cor de linha equivale a uma trilha diferente. 17
- Figura 3. Espaço amostral das parcelas feitas no curso d'água da Trilha da Biquinha (REBIO). Os valores de 3m, 36m e 100m são equivalentes a 3 metros, 36metros e 100metros, respectivamente..... 18
- Figura 4. Valores médios da quantidade de ninhos encontrada nas áreas 1 e 2 e distâncias que foram encontrados os ninhos de *A. pacíficus*. **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 5. Valores de número de ninhos relacionadas à distância ao curso d'água. Os valores de x (1, 2, 3 e 4) representam as variáveis categóricas de distancia ao curso d'água, respectivamente, 0-3metros, 3-6 metros, 6-9 metros e 9-12 metros)..... 20

LISTA DE ABREVIações E SIGLAS

RESBIO	Reserva Biológica Municipal Da Serra do Japi
UNIFESP	Universidade Federal de São Paulo

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS	15
2.1 OBJETIVO GERAL	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3. MATERIAIS E MÉTODOS	15
3.1 ÁREA DE ESTUDO	15
3.2 COLETA DE DADOS	17
4. RESULTADOS	19
5. DISCUSSÃO	20
5. CONCLUSÃO	21
REFERÊNCIAS	23
ANEXOS	27

1. INTRODUÇÃO

A distribuição espacial das espécies é afetada por barreiras geográficas à dispersão, pelo ambiente e pela presença de competidores e predadores. Em grandes escalas geográficas, a limitação da dispersão provavelmente afetará a distribuição de espécies com baixa capacidade de dispersão (Cadotte 2006, Thompson e Townsend 2006; Dambros et al. 2017). Em contraste, em pequenas escalas geográficas, as espécies são menos limitadas pela dispersão e mostram associações mais fortes com condições bióticas e abióticas do que com isolamento geográfico (Hubbell 2005).

Em insetos sociais, um fator importante que influencia o estabelecimento da colônia, desenvolvimento e sobrevivência destes é a competição intraespecífica. Em formigas, indivíduos de diferentes colônias da mesma espécie geralmente interagem agonisticamente, muitas vezes resultando em distribuição com altos níveis de dispersão dos ninhos (por exemplo, Levings & Traniello, 1981; Boulay et al., 2010), embora às vezes, a competição não leve a este padrão (Gordon, 1997). Outros mecanismos, como uma disponibilidade limitada de locais de nidificação, também podem restringir a distribuição de colônias e produzir tal padrão (Foitzik & Heinze, 1998). Embora a superdispersão do ninho possa ser comum em muitas espécies de formigas, distribuições aleatórias ou agrupadas também podem ocorrer ocasionalmente. O primeiro caso sugere uma ausência de interação entre as colônias que estão espalhadas por uma área homogênea (Kenne & Dejean, 1999), enquanto o último é típico de espécies polidômicas (Debout et al., 2007), ou espécies especializadas em uma determinada microhabitat (Soares & Schoereder, 2001). O padrão de distribuição também pode depender da abundância das espécies (Gordon, 1997), por exemplo, formigas de montículos permanecem aglomeradas quando a densidade do ninho é baixa, mas há uma superdispersão quando a densidade é alta (Ryti, 1991).

Como em formigas, colônias de cupins frequentemente interferem agonisticamente. Estas colônias podem conter milhares e até milhões de indivíduos (Bandeira e Vasconcellos, 2004). Uma colônia madura produz cupins alados que podem estabelecer novas colônias. Os voos dos cupins geralmente ocorrem uma vez por ano, quando ninfas maduras desenvolvem asas e se transformam em imagos ou "alados" (indivíduos adultos) (Bandeira e Martius, 2009). Este fenômeno é

principalmente sazonal e está associado a variações climáticas, especialmente calor e aumento da umidade relativa (Martius, 2003). Voos de uma mesma espécie na mesma área são sincronizados (Cancello e Schlemmermeyer, 1999). Assim, o sucesso na formação de uma nova colônia de cupins depende de locais de nidificação adequados e sua distribuição são controladas por vários fatores abióticos e bióticos, a saber, aspectos como sombra, umidade, altitude, disponibilidade de alimentos adequados, locais de nidificação e interações intra e interespecíficas (Levings e Traniello, 1981; Eggleton et al., 2002).

Segundo Korb e Linsenmair (2001), a distribuição espacial dos ninhos de cupins pode ser um indicador dos mecanismos subjacentes que regulam a dinâmica populacional. Os padrões de distribuição agrupados podem ser o produto de uma dispersão incompleta, ou seja, quando novas colônias de cupins são fundadas por alados cujos "voos nupciais" terminam não muito longe da colônia-mãe. Korb e Linsenmair (2001), avaliaram a variabilidade espacial por um índice de distância usando a técnica do vizinho mais próximo. Estes autores descobriram que grandes ninhos de *Macrotermes bellicosus* Smeathman foram superdispersos, enquanto os pequenos foram agregados, provavelmente refletindo competição e seleção de microhabitats como interações intraespecíficas. Um padrão semelhante foi observado por Grohmann et al. (2010) para *Macrotermes michaelsoni*.

Ao investigar a distribuição espaço-temporal de *Anoplotermes banski* em uma região amazônica da Guiana Francesa, Bourguignon e colaboradores (2011) identificaram que os ninhos desta espécie apresentaram uma distribuição espacial superdispersa ao longo de uma curta escala espacial. Segundo os autores, estes dados podem refletir interações negativas entre colônias vizinhas. Em um estudo feito por Bonachela et al. (2015) sobre o efeito da dispersão de ninhos de cupins na savana africana identificou que as modificações físico químicas do solo ocasionadas pelo estabelecimento dos ninhos permitiram um refúgio para o estabelecimento de plantas e núcleos para vegetação. Este refúgio, por sua vez pode aumentar a resistência das terras secas e a recuperação destas terras em climas áridos. Dessa forma, além das condições bióticas e abióticas que podem determinar a localização nos ninhos, estes por sua vez, podem também exercer uma influência sobre as condições locais.

Com relação aos cupins que se alimentam do solo (húmus), caso de muitas espécies da subfamília Apicotermatinae, como do gênero *Anoplotermes*, este grupoforma um componente abundante, mas pouco estudado, das florestas tropicais

(Brauman et al., 2000; Jones & Eggleton, 2010), a maioria deles vive em colônias subterrâneas e quase nada se sabe sobre as interações entre suas colônias (BOURGUIGNON et al., 2011). As espécies podem ser segregadas umas das outras pela seleção de diferentes fontes de alimentos (Bourguignon et al., 2009), mas se a competição intra-específica ocorre ou não e esta pode levar à superdispersão do ninho não é conhecido. Outros aspectos como fatores bióticos e abióticos, como a dependência da umidade nunca foram estudados. Assim, investigar a distribuição espacial dos ninhos de cupins pode trazer evidências poderosas sobre competição, polidomia, limitação do local do ninho ou especialização em relação a recursos distribuídos heterogeneamente.

Os cupins

A capacidade de digerir celulose (em parte, pela associação com simbioses tanto no trato digestório, quanto no ninho) faz com que os cupins sejam protagonistas nos ecossistemas naturais, principalmente no que diz respeito ao papel que têm como decompositores (Holt e Lepage, 2000). Além disso, a construção de ninhos e o tunelamento promovem a redistribuição de partículas, a drenagem e a aeração do solo, com um impacto positivo sobre a disponibilidade de nutrientes, o que por sua vez está associada à maior diversidade de microrganismos, flora e fauna (Wood e Sands, 1978; DeSouza e Cancellato 2010; Jouquet *et al.* 2016). Todas estas ações no ambiente conferem a estes insetos o título de *engenheiros de ecossistemas* (Jones *et al.*, 1994, Evans *et al.*, 2011; Menzel e Feldmeyer, 2021).

Os cupins são separados tradicionalmente em um clado parafilético e um clado monofilético representado apenas pela família Termitidae, enquanto todas as outras famílias estão incluídas no clado parafilético, os quais se alimentam de madeira e abrigam protistas flagelados como simbioses intestinais, responsáveis pela digestão da celulose (Feitosa et al., 2021). Termitidae compreende cerca de 75% das espécies de cupins existentes e é a família mais diversa em todos os critérios, com distribuição mais ampla, abrangendo os mais diversos estilos de vida, estratégias de defesa, como a construção de ninhos, estratégias reprodutivas e hábitos alimentares, em um gradiente de humificação de madeira dura (xilófagos) a húmus (humívoros, se alimentam de solo ou alimentadores de húmus), incluindo madeira em diferentes

estágios de decomposição, grama e lixo, sendo classificados de diferentes maneiras (Donovan et al. 2001; Bourguignon et al. 2011).

Apesar de sua potencial relevância ecológica, os Apicotermatinae neotropicais (Termitidae) foram pouco estudados, e quase nada se sabe sobre como se dá a nidificação das espécies desta subfamília (Constantini, 2018). Esta espécie apresenta uma especificidade que dá nome a subfamília, que é a perda de soldados (Krishna et al., 2013). Entre os apicotermíneos, *Anoplotermes* é reconhecido como um gênero exclusivamente neotropical e possui 30 espécies descritas (Constantino, 2021), podendo ser encontrada em toda a extensão do território brasileiro. Apenas duas destas espécies são conhecidas por construírem ninhos, *Anoplotermes pacificus* e *Anoplotermes banski*. Os *A. pacificus* estão presentes em regiões de Mata Atlântica e constroem ninhos epígeos enquanto os *A. banski* são recorrentes de regiões da Mata Amazônica e constroem ninhos arborícolas (Kaiser, 1953; Martius & Ribeiro, 1996).

A espécie *Anoplotermes pacificus* Müller 1873 é encontrada em região de Mata Atlântica e possui registros de ocorrência nos estados sudeste do Brasil e também ao norte da região sul do Brasil, no Paraná (Bourguignon et al., 2015). Por não existir a casta de soldados, a defesa da colônia em *Anoplotermes pacificus* é feita pelos operários. Esta espécie constrói um pequeno ninho epígeo, o qual não possui tamanho maior que 30cm de altura e é composto por um material estercoral misturado com minerais resultando em um ninho de cor marrom-escuro a preto cheio de raízes finas (Kaiser 1953 in Cancellato 2014).

Cancellato et al. (2014) levantaram espécies de cupins em Mata Atlântica, em área de floresta ombrófila densa, em 15 locais regularmente espaçados de 7 °S a 27°S, usando um protocolo de amostragem padronizado. Ninhos de cupins epígeos e arborícolas estavam ausentes em latitudes superiores a 21 °S, e apenas os pequenos ninhos epígeos de *Anoplotermes pacificus* foram encontrados na floresta ombrófila densa ao sul do país (FEITOSA et al., 2021)

Em campo tem se observado que ninhos de *A. pacificus* são sempre mais comuns e abundantes próximos de corpos d'água. Deste modo, hipotetizamos que pode haver uma relação de dependência da umidade na fundação de novas colônias de *A. pacificus*. Assim, consideramos uma predição à qual indica que existe uma relação de proximidade dos corpos d'água com um maior número de ninhos de *A. pacificus*

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem como objetivo geral investigar a dispersão espacial dos ninhos de *Anoplotermes pacificus*, e se há influência da proximidade dos corpos d'água no estabelecimento de novos ninhos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

O objetivo específico do trabalho é:

- Identificar a distribuição espacial das colônias e relacionar à proximidade dos corpos d'água, como uma dependência da alta umidade para que as colônias possam prosperar.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado entre os meses de novembro de 2020 a janeiro de 2021, na Reserva Biológica da Serra do Japi (REBIO), situada no município de Jundiaí pertencente ao estado de São Paulo (23°12'a 23°21' Sul e 46°30' a 47°05' Oeste) na província geomorfológica do Planalto Atlântico (PONÇANO et al., 1981) (Figura 1).

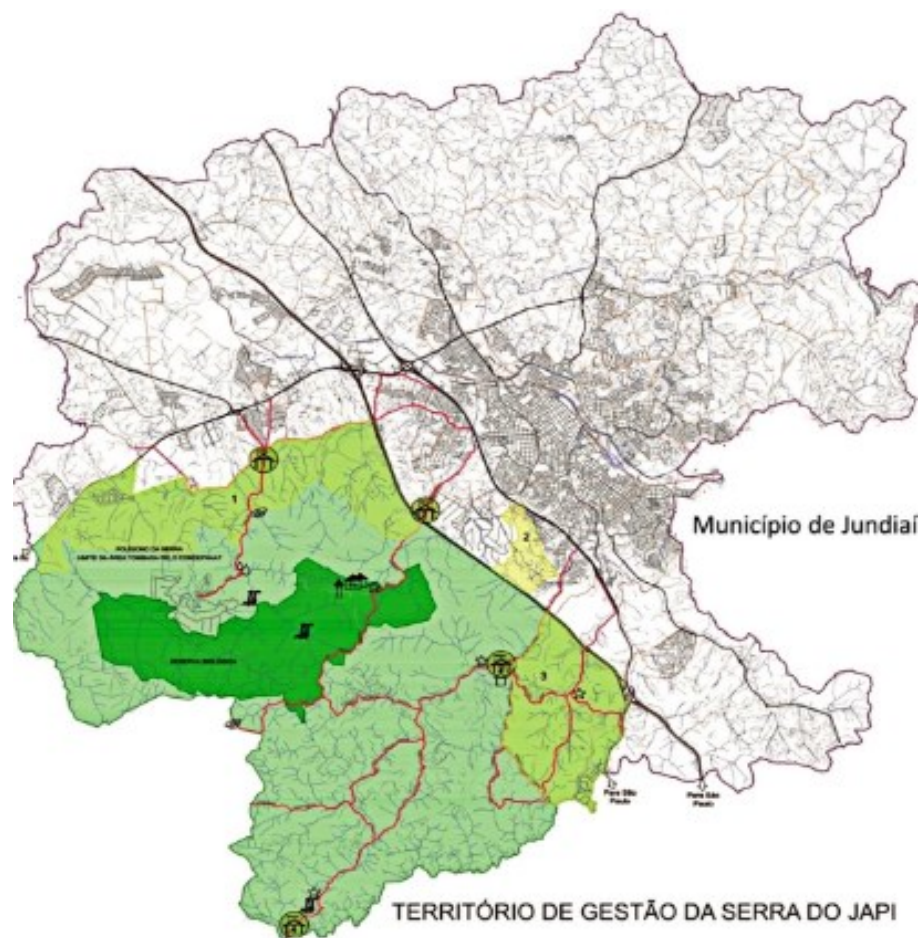


Figura 1. Localização de área de estudo dentro do município de Jundiaí-SP. Fonte: <https://serradojapi.jundiai.sp.gov.br/institucional/mapas/mapas/>

Esta área é tombada pelo Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Arqueológico, Artístico e Turístico (CONDEPHAAT) (SÃO PAULO, 1983), considerada Reserva da Biosfera da Mata Atlântica pela UNESCO (1994) e está inserida na Área de Proteção Ambiental da Serra do Japi (SÃO PAULO, 1984). Apresenta clima temperado úmido com verão quente (Cfa) e clima temperado úmido com verão temperado (Cfb) (SETZER, 1966), fortemente estacional com uma estação quente e chuvosa e outra seca e fria (PINTO, 1992). A temperatura média anual varia de 15,7 a 19,2 °C entre as partes mais altas e baixas. O regime pluviométrico apresenta predominância de chuvas de dezembro a janeiro, quando atingem mais do que 200 mm ao mês e estiagem no inverno quando atingem níveis entre 30 e 60 mm no mês mais seco (MORELLATO et al., 1989; PINTO, 1992). A REBIO possui posição geográfica peculiar, entre as florestas ombrófilas a leste (Serra do Mar) e as florestas

mesófilas estacionais semidecíduas do planalto paulista a oeste, caracterizando uma região ecotonal, permitindo a ocorrência de um número elevado de espécies vegetais de ambas as formações (LEITÃO FILHO, 1992).

3.2 COLETA DE DADOS

Parcelas

Para investigar a hipótese levantada sobre a distribuição espacial foi sorteado um dos cursos d'água presente na REBIO para realização do trabalho (Figura 2).

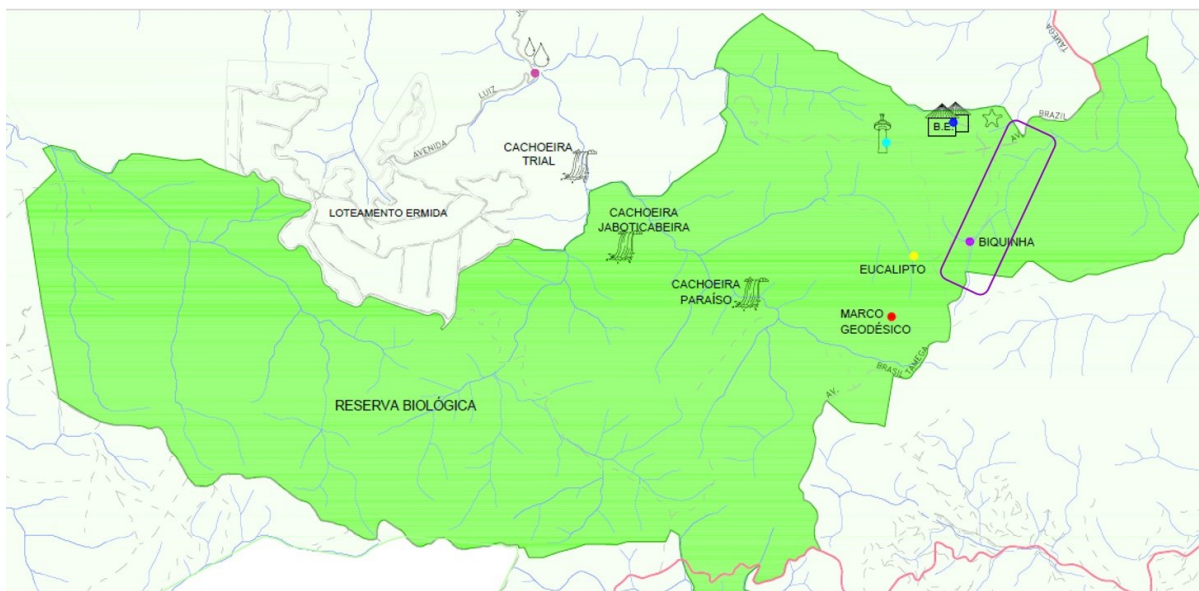


Figura 2. Mapa da REBIO, detalhe dos rios, riachos e córregos da reserva. Os pontos coloridos são referentes as trilhas da REBIO, as quais permitem acesso aos cursos d'água existentes na reserva. A área circundada em roxo pertence a área de estudo sorteada. A trilha de acesso chama-se Trilha da Biquinha. Fonte: <https://serradojapi.jundiai.sp.gov.br/institucional/mapas/mapas/>

A partir do primeiro ponto de acesso ao curso d'água da Biquinha foram marcadas duas parcelas de 36m X 12m com distância de 100 metros entre elas para investigar a relação das distâncias de ocorrência dos ninhos e do curso d'água. Parcela 1 está localizada nas seguintes coordenadas: 23° 14' 36,15" S e 46° 56' 08,48" O e a Parcela 2 em 23°14' 31,00" S e 46° 56' 05,79"O. O GPS utilizado tinha precisão de aproximadamente 15m. Com uma fita métrica foram medidas as distâncias do curso d'água e categorizadas em intervalos de 3 metros (Figura 3).

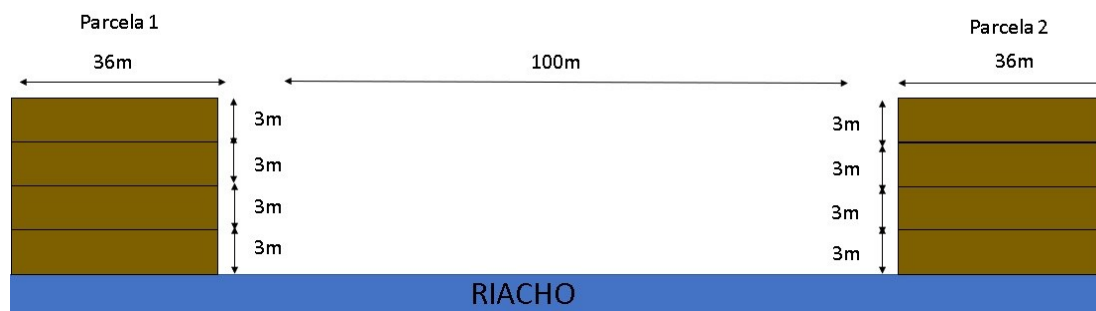


Figura 3. Desenho amostral das parcelas feitas no curso d'água próximo a Trilha da Biquinha na REBIO. *A partir do primeiro ponto de acesso ao curso d'água foram marcadas duas parcelas de 36m X 12m (3m + 3m + 3m + 3m), com distância de 100 metros entre elas, para investigar a relação das distâncias de ocorrência dos ninhos e do curso d'água.* Legenda: m = metros.

3.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para comparar as médias do número de ninhos e distância do curso d'água entre as áreas em estudo foi utilizado o teste estatístico ANOVA (one-way). Os dados de número médio de ninhos encontrados e a distância dos ninhos a partir do curso d'água para o interior da mata foram categorizadas em: 0-3 metros; 3-6 metros; 6-9 metros; 9-12 metros, para as duas parcelas. Todas as análises estatísticas foram feitas em ambiente R versão (R Core Team, 2016).

4. RESULTADOS

Na parcela 1 foram encontrados 11 ninhos de cupins da espécie *Anoplotermes pacificus* e na parcela 2 foram encontrados 8 ninhos da mesma espécie (Figura 4).

Com relação a dependência da umidade, de acordo com o aumento da distância do curso d'água é possível observar um grande número de ninhos encontrados até 3 metros do curso d'água, sendo sete ninhos na parcela 1 e 5 ninhos na parcela 2. E conforme aumentou o distanciamento do riacho, de 3 a 6 metros, o número de ninhos foi sendo reduzido, sendo encontrado apenas dois ninhos na parcela 1 e um ninho na parcela 2. Já para 6 a 9 metros de distância, foram encontrados dois ninhos em cada parcela. Acima de 9 metros de distância não foram encontrados ninhos de cupins (Figura 4).

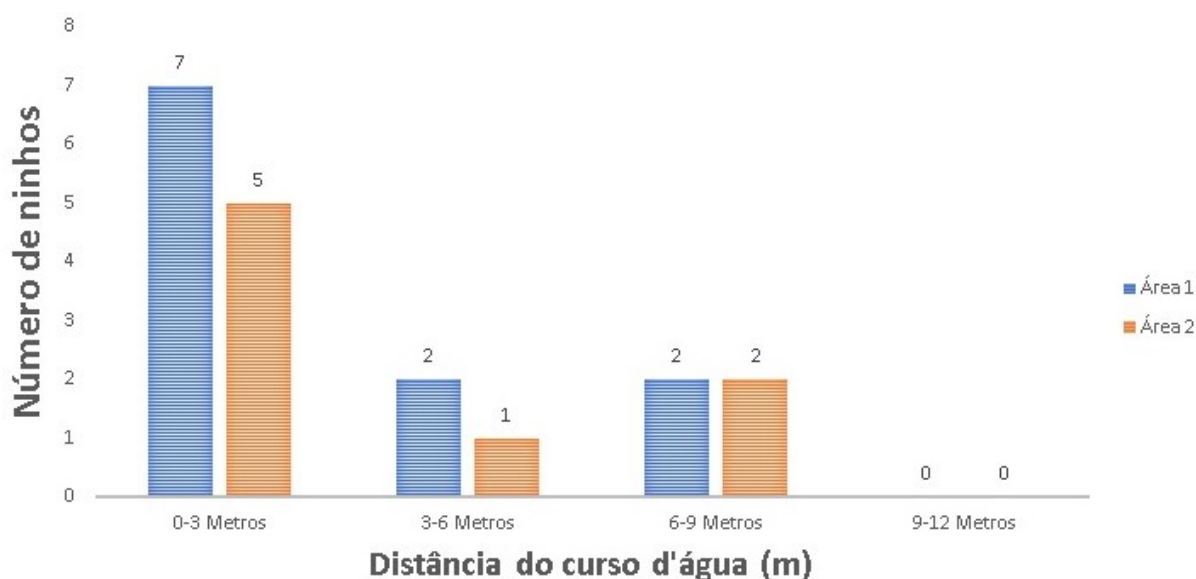


Figura 4. Número de ninhos de *A. pacificus* encontrados a partir do curso d'água da trilha da Biquinha para o interior da mata foram categorizadas a cada três metros em: 0-3 metros; 3-6 metros; 6-9 metros; 9-12 metros. Legenda: parcela 1 (= área 1) e parcela 2 (= área 2). Eixo Y representa número de ninhos e o X a distância a partir do riacho para o interior da mata.

A relação entre o número médio de ninhos, nas duas parcelas estudadas, relacionado com relação a distância do curso d'água foram testados estatisticamente e os valores foram significativos ($F= 16.33$ $P= 0.00679$). Assim, esse resultado significativo indica uma forte relação de dependência de umidade dos cupins na escolha do local de nidificação. Embora a amostra tenha sido pequena, o resultado

significativo confirma as observações feitas em campo, com uma forte tendência a nidificação desta espécie próximo ao curso d'água.

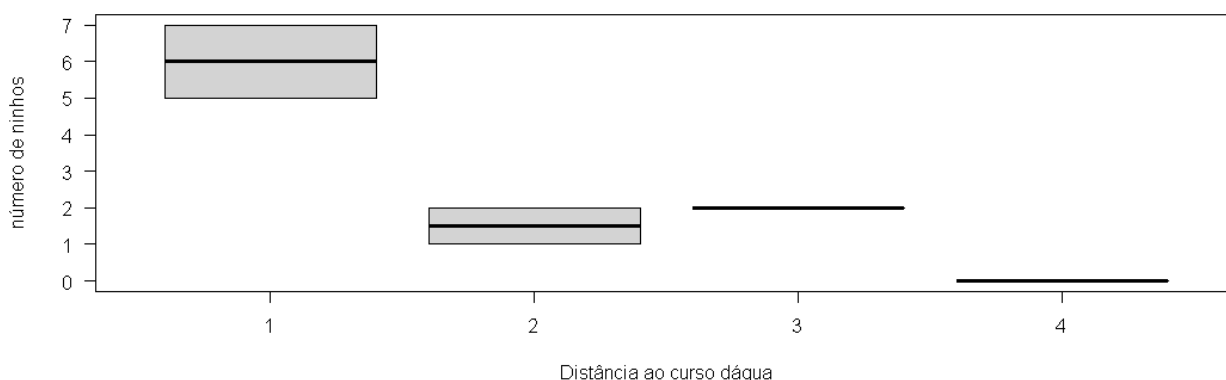


Figura 5. Valores médios do número de ninhos, nas duas parcelas estudadas e relacionadas à distância ao curso d'água. Os valores do eixo X representam as variáveis categóricas de distância ao curso d'água 1 (0 a 3 metros), 2 (3 a 6 metros), 3 (6 a 9 metros), 4 (9 a 12 metros).

5. DISCUSSÃO

De acordo com os resultados deste trabalho, a disposição espacial dos ninhos da espécie de cupim *Anoplotermes pacificus* está relacionada a proximidade dos cursos d'água. Foi possível identificar neste trabalho que as áreas mais próximas aos cursos d'água apresentavam maior número de ninhos. A presença de uma maior taxa de umidade para esta espécie parece oferecer uma maior predisposição para que a nidificação seja bem sucedida. De acordo com alguns pesquisadores, fatores bióticos e abióticos como sombra, umidade, disponibilidade de alimentos podem direcionar o sucesso ou não da nidificação dos ninhos (Levings e Traniello, 1981; Eggleton et al., 2002).

A dependência da umidade é um problema comum em muitas espécies de invertebrados, tendo na formação de uma cutícula esclerotizada, a conquistada do ambiente terrestre definitivo, a partir dos artrópodes. Contudo, em algumas espécies que possuem menor esclerotização do exoesqueleto, como ocorre no cupim *A. pacificus*, a dependência da umidade é muito maior.

Zukowski e Su (2017, 2019), estudaram em laboratório a porcentagem de umidade no corpo de 4 espécies de cupins (cupins de madeira úmida e subterrâneos)

e concluíram que há grande variação na tolerância a umidade entre as diferentes espécies de cupins. E que oferecendo em laboratório maior disponibilidade de recursos hídricos e alimento há uma maior sobrevivência dos ninhos de cupins. Desta forma, a análise dos dados deste trabalho pode indicar que em *A. pacificus* também possa existir uma correlação da umidade local, caracterizada pela presença de recursos hídricos, com a possibilidade de nidificação e sobrevivência dos ninhos.

De acordo com um estudo feito por Bandeira (2003), os cupins da família Termitidae, caso de *A. pacificus*, tendem a sofrer mais com as perturbações ambientais quando comparados aos cupins das famílias Kalotermitidae e Rhinotermitidae, que vivem em madeira seca e umidade, respectivamente. Neste estudo realizado no “Brejo dos Cavalos” – PE, foi identificada uma diminuição da diversidade de espécies e do número de colônias que seguiu um gradiente de perturbação ambiental. Além disso, os autores também notaram que os cupins que se alimentam de húmus foram os mais afetados, dentre os Termitidae. A espécie deste estudo, *A. pacificus*, é considerada pertencente aos grupos alimentares III e IV que inclui os que se alimentam de solo ou solo/madeira (Donavan et al., 2001; Bourguignon et al., 2009). Adicionalmente a necessidade de umidade no ambiente e na alimentação, um recente estudo realizado por Zachariah e colaboradores, apontou a importância da água na solidificação das paredes dos ninhos, para o cupim *Odontotermes obesus*, que cultiva fungos, não encontrado no Brasil, no entanto, esses autores mostraram em bioensaios laboratoriais e no campo que a mistura de material fecal e solo úmido são necessários para manter a construção dos ninhos.

5. CONCLUSÃO

É de extrema importância que mais trabalhos sejam feitos sobre *A. pacificus*, uma vez que dentre as espécies de cupins presente em áreas de Mata Atlântica, esta é uma espécie que possui poucas referências bibliográficas e as observações são uma contribuição para a história natural e funcionamento das florestas.

Entender mais sobre disposição espacial desta espécie pode fortalecer dados pré-existent da estrutura arquitetônica dos ninhos bem como sua importância ecológica interespecífica de abrigo para outros grupos de animais.

Futuros trabalhos que relacionem a dispersão espacial desta espécie e distância entre os ninhos também podem oferecer dados importantes de como as relações intraespecíficas ocorrem na espécie. Cupins que consomem mais matéria vegetal decomposta (ou húmus), caso de *A. pacificus*, parecem ser menos resistentes a mudanças ambientais do que aqueles que se alimentam acima do gradiente de humificação, o que poderia ser aplicado como bioindicadores em áreas de Mata Atlântica.

REFERÊNCIAS

- Bandeira, A.G., A. Vasconcellos, M.P. Silva & R. Constantino, 2003. **Effects of habitat disturbance on the termite fauna in a highland humid forest in the caatinga domain**, Braz. Sociobiology v42 p117-127.
- Bandeira, A. G.; Martius, C. Isoptera, Fonseca, c. R. V.; Magalhães, C.; Rafael, J. A. Franklin E., 2009: **A Fauna de Artrópodes da Reserva Florestal Ducke**.
- Boulay, R., Galarza, J.A., Cheron, B., Hefetz, A., Lenoir, A., vanOudenhove, L., 2010 **Intraspecific competition affects population size and resource allocation in an ant dispersing by colony fission**. Ecology, v91, p3312–3321.
- Bourguignon, T., Sobotník, J., Lepoint, G., Martin, J.-M. & Roisin, Y., 2009 **Niche differentiation among neotropical soldierless soilfeeding termites revealed by stable isotope ratios**. Soil Biology and Biochemistry, v41, p2038–2043.
- Bourguignon, T.; Sobotník, J.; Lepoint, G.; Martin, J.; Olivier, J.; Hardy, O. J.; Dejean, A.; Roisin, Y., 2011 **Feeding ecology and phylogenetic structure of a complex neotropical termite assemblage, revealed by nitrogen stable isotope ratios**. Ecological Entomology, v.36, p.261–269.
- Bourguignon, T., Šobotník, J., Dahlsjö, C.A., & Roisin, Y., 2015. The soldierless **Apicotermittinae: insights into a poorly known and ecologically dominant tropical taxon**. Insectes Sociaux, v63, p39-50.
- Brauman, A., 2000. **Effect of gut transit and mound deposit on soil organic matter transformations in the soil feeding termite: A review**. European Journal of Soil Biology, v.36, p.117–125.
- Bruschini MLT., 2006 **Spatial distribution of mounds of Cornitermes cumulans (Isoptera: Termitidae) in a pasture in the municipality of Rio Claro (SP), Brazil**. Ambiência. 2006; 2:65-72.
- Cadotte, M. 2006. **Dispersal and species diversity: a meta-analysis**. v167: p913–924.
- Cancello, E. M.; Schlemmermeyer, T. Isoptera., 1999 **Biodiversidade do Estado de São Paulo, Brasil: Síntese do conhecimento ao final do século XX**. Invertebrados Terrestres. São Paulo, FAPESP, v.5, 279p.
- Cancello, E.M., Silva, R.R., Vasconcellos, A., Reis, Y.T. & Oliveira, L.M. 2014. **Latitudinal variation in termite species richness and abundance along the Brazilian Atlantic Forest Hotspot**. Biotropica. v46, p441- 450
- Carvalho, W.D. & Godoy, Msm & Adania, C.H. & Esbérard, Cel., 2013. **Non-volant mammal assemblage of Serra do Japi Biological Reserve, Jundiá, São Paulo, Southeastern Brazil**. Bioscience Journal. v29. p1369-1386.

Constantini JP., 2018. **Estudo taxonômico dos Apicotermitinae da Mata Atlântica. PhD thesis**, University of São Paulo.

Constantino, R. Online **Termites Database**. Acesso em: 01/03/2021. Disponível em: http://www.termitologia.unb.br/index.php?option=com_content&view=article&id=10&Itemid=10

Cunha, H. F.; Morais, P. P. A. M., 2010. **Relação espécie-área em cupinzeiros de pastagem, Goiânia-GO, Brasil**. EntomoBrasilis, v.3, n.3, p.60-63.

Dambros, C.S., Morais, J.W., Azevedo, R.A. and Gotelli, N.J., 2017. **Isolation by distance, not rivers, control the distribution of termite species in the Amazonian rain forest**. Ecography, v40: p1242-1250.

DeSouza, Eliana Marques Cancelló., 2011. **Termites and Ecosystem function**. International Commission on Tropical Biology and Natural Resources. p1-389.

Donovan, S. E.; Eggleton, P.; Bignell, D. E., 2001. **The effect of a soil feeding termite, *Cubitermes fungifaber* (Isoptera: Termitidae) on soil properties: termites may be an importante source of soil microhabitat heterogeneity in tropical forests**. Pedobiologia, v.45, p.1- 11,

Eggleton, P.; Bignell, D.E.; Hauser, S.; Dibog, L.; Norgrove, L.; Madong, B. 2002. **Termite Diversity Across An Anthropogenic Disturbance Gradient In The Humid Forest Zone Of West Africa**. Agriculture, Ecosystem & Environment Journal, v90, p189–202

Evans, T., Dawes, T., Ward, P. 2011. **Ants and termites increase crop yield in a dry climate**. Nat Commun v2, p262

Feitosa, R., M. Santana, Morini, A.C Martins, T. Ribeiro, F. Noll, E. F. Santos, E. Cancelló, J. Constantini. 2021. Social Insects of the Atlantic Forest in: Marcia C. M. Marques, Carlos E. V. Grelle. **The Atlantic Forest History, Biodiversity, Threats and Opportunities of the Mega-diverse Forest**. Springer International p151-183

Foitzik, S., & Heinze, J., 1998. **Nest site limitation and colony takeover in the ant *Leptothorax nylanderi***.

Gabriel Debout, Bertrand Schatz, Marianne Elias, Doyle Mckey. Polydomy,. 2007. **Ants: what we know, what we think we know, and what remains to be done**, Biological Journal of the Linnean Society, p319–348.

Gordon, D.M., 1997 **The population consequences of territorial behavior. Trends in Ecology and Evolution**, v12, p63–66.

Grohmann, C., Oldeland, J., Stoyan, D. & Linsenmair, K.E., 2010. **Multi-scale pattern analysis of a mound-building termite species**. Insectes Sociaux, v57, p477–486.

Holt JA, Lepage M. Termites and soil properties. In: Abe T, Higashi M, Bignell DE, editors., 2000 **Termites: Evolution, sociality, symbiosis, ecology**. Dordrecht: Kluwer Academic, p.389-407.

Hubbell, S. P. 2005. **Neutral theory in community ecology and the hypothesis of functional equivalence.** – Funct. Ecol. v19: p166–172.

Jones D.T., Eggleton P., 2010 **Global Biogeography of Termites: A Compilation of Sources.** In: Bignell D., Roisin Y., Lo N. (eds) *Biology of Termites: a Modern Synthesis.* Springer, Dordrecht.

Jones C.G., Lawton J.H., Shachak M. (1994) **Organisms as Ecosystem Engineers.** In: **Ecosystem Management.** Springer, New York, NY.

Jouquet, Pascal and Bottinelli, Nicolas and Shanbhag, Rashmi R and Bourguignon, Thomas and Traore, Saran and Abbasi, Shahid Abbas, 2016 **Termites: The Neglected Soil Engineers of Tropical Soils.** In: SOIL SCIENCE, v181, p157-165.

Juan a. Bonachela, robert m. Pringle, efrat sheffer, tyler c. Coverdale, jennifer a. Guyton, kelly k. Caylor, simon a. Levin, corina e. Tarnita, 2015. **Termites shape vegetation patterns in arid landscapes and buffer ecosystems against desertification.**

Kaiser, P. 1953. **Anoplotermes pacificus, eine mit Pflanzenwurzeln vergesellschaftet lebende Termite.** Mitteilungen aus dem Hamburgischer Zoologischen Museum und Institut, v52, p77–92.

Kenne, M., Dejean, A. 1999. **Spatial distribution, size and density of nests of Myrmecaria opaciventris Emery (Formicidae, Myrmecinae).** Insectes soc. v46, p179–185

Korb, J. & Linsenmair, K.E. 2001 **The causes of spatial patterning of mounds of a fungus-cultivating termite: results from nearest-neighbour analysis and ecological studies.** Oecologia, v127, p324–333.

Krishna, K.; Grimaldi, D.A.; Krishna, V.; Engel, M.S. **Treatise on the Isoptera of the world.** Bulletin of the American Museum of Natural History, v. 377, p. 1-2704, 2013

Martius. C., 2003. **Rainfall and humidity: non-linear relationships with termite swarming in Amazonia**

Mattos, E. C. A., 2006. **Dinâmica espaço-tempo do uso e ocupação das terras na região de entorno à área urbana de Jundiá/SP: implicações futuras na reserva biológica da serra do japi.** 2006. 176 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas.

Miranda, Carmélia S.; Vasconcellos, Alexandre; Bandeira, Ademar G., 2004. **Termites in sugar cane in Northeast Brazil: ecological aspects and pest status.** Neotrop. Entomol., Londrina, v. 33, n. 2, p. 237-241,

Noirot, C. **The nests of termites.** In: KRISI-INA, K. & WEESNER, F.M. eds. **Biology of termites.** New York, s.ed., 1970. v.2, p.73-125

Ryti, R.T., 1991 **Theoretical considerations of density-dependent spacing of a mound-building ant (*Formica altipetens*)**. Journal of Theoretical Biology, 147, 289–301.

Sally C. Levings, James F. A. Traniello, 1981. "**Territoriality, Nest Dispersion, and Community Structure in Ants**", Psyche: A Journal of Entomology, v 88.

Soares, S., Schoereder, J. 2001. **Ant-nest distribution in a remnant of tropical rainforest in southeastern Brazil**. Insectes soc. v48, p280–286

Thompson, R. and Townsend, C. 2006. **A truce with neutral theory: local deterministic factors, species traits and dispersal limitation together determine patterns of diversity in stream invertebrates**. – J. Anim. Ecol. v75: p476–484.

Wood, T.G. & Sands, W.A 1978. **The role of termites in ecosystems. Production Ecology of Ants and Termites** (ed. By M. V. Brian), pp.245-292, Cambridge University Press, Cambridge.

Zachariah Nikita, Murthy Tejas G. and Borges Renee M. 2020. **Moisture alone is sufficient to impart strength but not weathering resistance to termite mound soil**

Zukowski J. and Su NY., 2019. **Cuticular Permeability, Percent Body Water Loss, and Relative Humidity Equilibria Comparisons of Four Termite Species**. J Insect Sci.

Zukowski J. and Su NY., 2017 "**Survival of Termites (Isoptera) Exposed to Various Levels of Relative Humidity (RH) and Water Availability, and Their RH Preferences**," Florida Entomologist v100, p532-538,

ANEXOS

ANEXO I – Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa UNIFESP



COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA



São Paulo, 28 de agosto de 2020
CEP N 6988040820

Ilmo(a). Sr(a).
Pesquisador(a): Fabiana Elaine Casarin Dos Santos
Depto/Disc: Ecologia E Biologia Evolutiva
Fabiana Elaine Casarin Dos Santos (orientador)

Título do projeto: "Estratégias não agressivas entre vizinhos: relações intra e interespecífica do cupim *Anoplotermes pacificus* e formigas *inquilinas*".

Parecer Consubstanciado do Comitê de Ética em Pesquisa UNIFESP/HSP

Trata-se de projeto com a participação da aluna de graduação, Pedro Henrique Rocha dos Santos. Orientadora: Professora Doutora Fabiana Elaine Casarin dos Santos.

Os cupins são animais invertebrados que ocupam diversos nichos ecológicos. Em parte do grupo é possível identificar o comportamento de construir ninhos. Os ninhos possuem funções diversas como defesa mecânica contra invasores e manutenção do microclima no interior do ninho. Existem relatos de animais de grupos diversos que utilizam destes ninhos para benefício próprio uma vez que estes ninhos podem oferecer abrigo, proteção e alimentação. Os animais que vivem dentro de ninhos de cupins são chamados de Termitófilos. Além da defesa que o ninho pode oferecer contra predadores, em uma grande dos grupos de cupins, a casta de soldados é a casta responsável pela defesa da colônia a aqueles predadores que conseguirem adentrar ao ninho. Os soldados são importantes na identificação sistemática uma vez que a morfologia de suas presas possui grande valor sistemático. Todavia, existem alguns grupos de cupins que não possuem a casta de soldados como os cupins da espécie *Anoplotermes pacificus* não possuem a casta de soldados. Os indivíduos da espécie *A. pacificus* não enxergam e assim como outros invertebrados o reconhecimento intraespecífico e interespecífico é, em grande parte, feito através do reconhecimento de hidrocarbonetos presentes em suas epicutículas. Durante observações de campo, identificamos a presença de um gênero de formiga cultivadora de fungos, *Apterostigma* sp. no interior de algumas colônias de *A. pacificus*. O objetivo do presente estudo é investigar se existe padrão de reconhecimento intraespecífico de *A. pacificus* e *Apterostigma* sp. por meio de bioensaios laboratoriais. Investigaremos o reconhecimento interespecífico de cupins de *A. pacificus* de colônias dos diferentes pontos de coleta. Também investigaremos os compostos de hidrocarbonetos presentes nas cutículas dos indivíduos dos grupos com finalidade de identificar se existe semelhança entre os compostos de *A. pacificus* e *Apterostigma* sp. O trabalho será realizado em duas regiões de mata atlântica, a Reserva Biológica Municipal da Serra do Japi, Localizada em Jundiaí- SP e no Parque Ecológico Imigrantes, localizado em São Bernardo do Campo- SP

O Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de São Paulo/Hospital São Paulo, na reunião de 14/08/2020, **ANALISOU** e **APROVOU** o protocolo de estudo acima referenciado. A partir desta data, é dever do pesquisador:

1. Comunicar toda e qualquer alteração do protocolo.
2. Comunicar imediatamente ao Comitê qualquer evento adverso ocorrido durante o desenvolvimento do protocolo.
3. Os dados individuais de todas as etapas da pesquisa devem ser mantidos em local seguro por 5 anos para possível auditoria dos órgãos competentes.
4. Relatórios parciais de andamento deverão ser enviados anualmente ao CEP até a conclusão do protocolo.



COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA



Atenciosamente,

Prof. Dr. Miguel Roberto Jorge

Coordenador do Comitê de Ética em Pesquisa da
Universidade Federal de São Paulo/Hospital São Paulo